

Artículo científico

Sobrevivencia de plantines de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) en suelos salinos y salino-sódicos del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina

Survival of saplings of algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) in saline and saline-sodic soils of the Rio Hondo Department, Santiago del Estero, Argentina

J.R. Toll Vera¹ G.O. Martín (h)*; M.G. Nicosia; M.M. Fernández;
L.E. Olea; A. González Coletti; S.N. Agüero

Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán. Florentino Ameghino s/n, Finca El Manantial, (4000), Tucumán, Argentina. *E-mail: gomarth@faz.unt.edu.ar

Resumen

El objetivo del trabajo fue evaluar la tasa de sobrevivencia de ejemplares juveniles (durante los 3 primeros años de vida) de *Prosopis alba* (algarrobo blanco), en diferentes situaciones edáficas del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina. El ensayo se condujo bajo tres condiciones de suelo: a) suelos de aptitud agrícola; b) suelos salinos sin napa freática (conductividad eléctrica 3,9 a 7 dS/m) y c) suelos altamente salinos con presencia de napa freática salino-sódica (conductividad eléctrica 17 a 22 dS/m). Los plantines de algarrobo blanco fueron implantados en pozos de 40 cm de ancho x 40 cm de largo x 60 cm de profundidad, al final del período de lluvias (marzo-abril). El distanciamiento fue de 5 m entre filas y 3 m entre plantas, totalizando una densidad de 660 plantines/ha. Se instalaron parcelas de 50 x 9 m (4 por cada una de las 3 condiciones de suelo especificadas en los objetivos), determinándose el porcentaje de sobrevivencia de plantas mediante el conteo de ejemplares durante los 3 primeros años del experimento. Los datos se analizaron con análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado y las diferencias significativas se evaluaron mediante prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$). El desempeño de los plantines estuvo fuertemente influenciado por la presencia/ausencia de la napa freática salina. Tanto en los suelos de aptitud agrícola como en los salinos sin napa, los algarrobos tuvieron un adecuado desarrollo y una muy escasa pérdida inicial de plantas; en los suelos salino-sódicos con saturación del perfil por aporte de la napa freática y el agua de lluvia con drenaje impedido/difícil, aparecieron condiciones de hipoxia (déficit de oxígeno) en la zona radical y gran parte de las plantas fueron afectadas severamente, sobreviviendo al tercer año, sólo el 2 % de la densidad inicial implantada (660 plantines/ha). Se concluye que la sobrevivencia de plantines de *P. alba* en suelos con valores de salinidad/sodicidad superiores a 17 dS/m, se ve significativamente reducida a partir del primer año de vida. En las condiciones edáficas de suelos de aptitud agrícola y salinos sin napa no se encuentra reducción significativa de plantas durante todo el período de estudio.

Palabras clave: *Prosopis alba*; Sobrevivencia; Suelos salinos.

Summary

The objective was to assess the rate of survival of young plants (during the first 3 years of life) of *Prosopis alba* (white carob) in different soil situations of the Rio Hondo Department, Santiago del Estero, Argentina. The trial was conducted under three conditions of soil: a) soils suitable for agriculture; b) saline soils without water table (electric conductivity 3.9 to 7 dS/m) and c) highly saline soils with saline-sodium water table (electric conductivity 17-22 dS/m). The white carob seedlings were planted in wells of 40 cm wide x 40 cm long x 60 cm deep, at the end of the rainy season (March-April). The distance was 5 m between rows and 3 m between plants, totaling a density of 660 saplings/ha. Plots of 50 x 9 m (4 for each of the 3 soil conditions specified in the objectives) were implanted, determining the survival rate of saplings by counting individuals with normal growth during the first 3 years of experiment. Data were analyzed with analysis of variance for a complete randomized design and evaluating significant differences by means of Tukey's test ($\alpha < 0,05$). The performance of the saplings was strongly influenced by the presence/absence of saline water table. In both soils suitable for agriculture and saline

without water table, *P. alba* had adequate development and a very low initial loss of plants; in saline-sodic soil saturation profile contribution of water table and rainwater prevented/difficult draw, they appeared under hypoxia (oxygen deficiency) in the root zone and most of the plants were affected severely, surviving at the third year, only 2% of the implanted initial density (660 seedlings/ha). We conclude that saplings survival of *P. alba* in soil salinity/sodicity values above 17 dS/m is significantly reduced from the first year of life; in the edafic conditions in agricultural soils and saline soils without water table, no significant reduction of saplings was found during all the study period.

Keywords: *Prosopis alba*; Survival; Saline soils.

Introducción

Los suelos afectados por exceso de sales se encuentran en su mayor parte en las zonas semiáridas y áridas del mundo; de acuerdo con un informe de FAO, su superficie mundial incluyendo suelos salinos y sódicos, es de 831 millones de hectáreas (Martínez Beltrán y Manzur, 2005).

En Argentina, aproximadamente el 11 % del territorio se encuentra afectado por salinización (Maddaloni, 1986). FAO (1976) clasifica a la Argentina como el tercer país con mayor superficie de suelos afectados por halomorfismo, después de Rusia y Australia.

Se han utilizado variadas técnicas para la recuperación de áreas degradadas y montes nativos, tales como la captación de agua, el incremento de la cobertura de especies gramíneas para frenar la erosión, la incorporación de árboles fijadores de nitrógeno para aumentar el volumen de nutrientes del suelo o la implantación de leñosas arbóreas y arbustivas adaptadas a sequía y/o salinidad (Dhir, 1994; Le Houerou, 1996).

Las zonas áridas y semiáridas afectadas por salinidad/sodicidad, conforman una importante región en el Noroeste Argentino; la Llanura Depresiva Salina Semiárida del oeste de Santiago del Estero es un ejemplo de ello. Las tecnologías empleadas para la recuperación del valor productivo de estas tierras se basan, entre otros aspectos, en el uso de especies nativas o introducidas (herbáceas o leñosas) de probada adaptación a esas condiciones, para elevar el potencial ganadero del pastizal; en este contexto, las leñosas leguminosas son una interesante opción (Ayerza *et al.*, 1986; Fagg y Stewart, 1994). Santiago del Estero, con una superficie aproximada de 145.630 km², posee áreas degradadas por salinización, factibles de ser recuperadas con plantaciones de leñosas nativas (Pece *et al.*, 2012).

La capacidad de algunas especies del género *Prosopis* (*Fabaceae*, *Mimosoideae*) de tolerar sequía y condiciones edáficas adversas como la salinidad y la alcalinidad, así como su adaptación a la

herbivoría, son las principales razones de su posición dominante en la vegetación leñosa de zonas áridas y semiáridas de América (Fagg y Stewart, 1994; Villagra, 2000).

El género *Prosopis* consta de 44 especies distribuidas principalmente en zonas áridas y semiáridas de América del Sur y del Norte, el este de Asia y el norte de África, 28 de las cuales se encuentran en Argentina (Burkart, 1976; Solbrig *et al.*, 1977; Fagg y Stewart, 1994). Este es el país que concentra el mayor número de especies (60 % del total), incluyendo sus variedades, híbridos naturales y subespecies, que comprenden desde árboles hasta subarbustos localizados en muy diferentes ambientes (Hunziker, 1986; Karlin, 1988).

Dentro de estas especies, *Prosopis alba* Grisebach (algarrobo blanco) es una de las más importantes en el ecosistema natural del Chaco Occidental Semiárido, estabilizando el microambiente, minimizando el impacto de las oscilaciones climáticas y constituyendo una fuente de madera y alimento para los herbívoros domésticos y silvestres (Karlin, 1988; Martín *et al.*, 1993).

Al algarrobo blanco se lo encuentra preferentemente en zonas de 300 a 600 mm de precipitación anual (puede llegar hasta los 1.200 mm), con temperaturas que van desde los 48 °C hasta los -10 °C, desarrollándose en distintos tipos de suelo, especialmente en los franco-arenosos, con pH de 6 a 8,5 (Galera y Bruno, 1993); está muy difundido en áreas planas semiáridas de Argentina, Bolivia, Paraguay, Chile y Perú. Es un componente normal del bosque alto de madera dura, donde ocupa el segundo estrato. Vive también en comunidades puras, fuera del bosque. Es común en el margen de represas y componente normal de galerías de ríos, formando cinturones alrededor de depresiones salinas suaves (Ayerza *et al.*, 1986; Karlin, 1988).

El clima, el suelo, la salinidad, la profundidad de la napa freática, los disturbios y las interacciones biológicas (predación y dispersión de semillas, herbivoría y competencia), han sido señalados por diversos autores como los factores que determinan la estructura y dinámica de los algarrobales.

La importancia de cada uno de ellos varía según las regiones; en las más xéricas, las variaciones climáticas (condicionantes de la disponibilidad de agua) son las que determinan las posibilidades de establecimiento y crecimiento de las distintas poblaciones de algarrobos; en las zonas más húmedas, en cambio, la competencia y el disturbio son los factores principales. En todos los casos, la dispersión de semillas por herbívoros aparece como indispensable para el establecimiento, ya que rompe la dormición y disminuye la predación por granívoros (brúquidos, roedores y hormigas). El ganado doméstico ejerce un doble efecto de dispersión y predación, cuyo resultado depende de la carga ganadera (Villagra, 2000).

Villagra (1995) al estudiar el efecto de la temperatura sobre la germinación de *Prosopis*, encuentra que el 100 % de las semillas germinan entre los 20 °C y los 40 °C, con una mayor tasa de germinación a los 35 °C. Villagra y Cavagnaro (2005) determinan que el porcentaje de germinación y emergencia de plántulas de *Prosopis* es menor en suelos arcillosos que en suelos arenosos.

La tolerancia de las plantas a la salinidad puede variar en las distintas fases de su ciclo de vida, siendo las más sensibles las de germinación y crecimiento temprano de las plántulas (Solbrig y Cantino, 1975; Cheeseman, 1988). En *P. alba*, la tolerancia a la salinidad se explica en el hecho de detectar incrementos significativos de glicinabetaína cuando las plantas se cultivan bajo estrés salino, sugiriéndose que estos solutos participan del ajuste osmótico (Meloni *et al.*, 2004).

Pece *et al.* (2012), evaluando el porcentaje de emergencia de plántulas de *P. alba* bajo diferentes concentraciones salinas, determinan que a un nivel de 4 dS/m se obtiene el mayor porcentaje de emergencia (alrededor del 61 %), pero que esta especie puede emerger y sobrevivir en suelos de hasta 30 dS/m. Esto reafirma lo probado por Navall y Senilliani (2004), implantando con éxito parcelas experimentales en áreas con 23 dS/m, indicando que a niveles intermedios de salinidad (15 dS/m), la tasa de crecimiento de *P. alba* es mayor que a niveles levemente salinos (4 dS/m) o altamente salinos (23 dS/m), considerando que en el primer caso el menor crecimiento se debe a una mayor competencia de la plántula con malezas (muy densas a baja salinidad edáfica), mientras que en los suelos de alta salinidad es este factor el que determina un menor crecimiento del algarrobo.

Una razón para considerar a *P. alba* como una

especie adecuada para la recuperación de suelos salinos, se establece con lo investigado por Senilliani *et al.* (2005) al probar la buena tolerancia de esta especie a niveles altos de salinidad (22 a 24 dS/m), determinando que después de 11 años de edad de una plantación de algarrobos blancos, el tenor salino del suelo ha decrecido desde los valores antes citados a los 10 dS/m, hecho que los autores atribuyen a que la cobertura arbórea reduce la evaporación, permitiendo el descenso y lavado de sales.

Hay dos etapas clave en el establecimiento de los algarrobos, caracterizadas por una gran mortalidad; la primera ocurre entre la producción de semillas y el establecimiento de la plántula y la segunda en el pasaje de plántula a renoval; una vez superada la etapa de plántula, la supervivencia es alta (Bush y Van Auken, 1991).

En función de lo antes expuesto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la tasa de sobrevivencia de ejemplares juveniles (durante los 3 primeros años de vida) de *P. alba*, en condiciones de suelos de aptitud agrícola, salinos y salino-sódicos del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

Materiales y métodos

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ganadero ubicado en el Departamento Río Hondo, Provincia de Santiago del Estero, Argentina, dentro de la Llanura Deprimida Salina Semiárida, evaluando la sobrevivencia de plantines de algarrobo blanco durante 3 años.

La zona presenta clima mesotermal semiárido cálido (DB₄da') según la clasificación de Thornthwaite, con un periodo libre de heladas de 302 días y una precipitación media anual de 560 mm, concentrada en verano entre los meses de diciembre y marzo (Torres Bruchmann, 1981; Bianchi y Yáñez, 1992; Minetti, 1997). La temperatura media anual es de 21 °C con una temperatura media para enero de 26,8 °C y para julio de 12,7 °C (Tabla 1) (Torres Bruchmann, 1981).

La estructura de vegetación del área se presenta como un arbustal halófito de porte medio a bajo (según el gradiente de salinidad, a mayor salinidad menor porte y volumen de plantas), integrado por jumeales de *Allenrolfea vaginata* y *A. patagonica* y matorrales de cachiyuyo (*Atriplex cordobensis* y *A. lampa*) y de palo azul (*Cyclolepis genistoides*). Esta formación se combina en los sectores

Tabla 1. Datos climáticos de temperatura media mensual T (°C) y precipitación media mensual P (mm) del sitio de ensayo, Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T	26,8	25,8	23,5	19,9	16,6	13,0	12,7	15,1	18,4	22,1	24,6	26,6
P	98	98	85	36	14	5	3	1	6	30	57	79

de menor tenor salino, con ejemplares de brea (*Cercidium australe*) y algarrobillos de bajo porte (*Prosopis reptans*); en relación al estrato herbáceo presente en el área, se observa una escasa cobertura de pastos (menor al 20 % de la superficie), predominando *Trichloris pluriflora* y *Sporobolus pyramidatus* (Martín *et al.*, 2003).

El ensayo se condujo bajo tres condiciones de suelo: a) suelos de aptitud agrícola; b) suelos salinos sin napa freática (conductividad eléctrica 3,9 a 7 dS/m) y c) suelos altamente salinos con presencia de napa freática salino-sódica (conductividad eléctrica 17 a 22 dS/m), todos con predominio de textura franco-arenosa. Las características diferenciales entre estos tipos de suelo, se muestran en la Tabla 2. Los valores de conductividad eléctrica y pH de cada una de las condiciones edáficas utilizadas, en función de la profundidad, fueron obtenidos por análisis de muestras de suelo en el laboratorio de la Cátedra de Edafología de la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina (Tabla 3).

Tabla 2. pH, CE (conductividad eléctrica en dS/m) y PSI (porcentaje de sodio intercambiable en %), en suelos de aptitud agrícola, salinos, sódicos y salino-sódicos (USSS, 1954).

Suelo	pH	CE (dS/m)	PSI (%)
Agrícola	6 a 7	< 2	< 15
Salino	< 8,2	> 4	< 15
Sódico	> 8,2	< 4	> 15
Salino-sódico	> 8,2	> 4	> 15

La napa freática es agua fuertemente salino-sódica, con valores extremadamente elevados de sulfatos y cloruros de sodio y en menor grado de potasio (Zuccardi y Fadda, 1985).

Los plantines de algarrobo blanco fueron adquiridos al Vivero Forestal de la localidad de Fernández, Santiago del Estero, Argentina, obteniéndose a través de la siembra de una semilla por envase plástico de polietileno transparente de 100 micrones de espesor, 15 cm de largo y 4 cm de diámetro, sin fondo para que las raíces no se enrollen en la base. Colocados los pilones en tierra, se taparon con una delgada capa de arena para evitar la desecación del sustrato y el ataque de hongos. Se rega-

ron cada 3 días durante el primer mes y luego una vez por semana. Al cabo de 3 meses, los plantines estuvieron listos para su trasplante al campo.

Tabla 3. Valores de CE (en dS/m) y pH de los suelos evaluados en el Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina, en función de la profundidad.

Prof. suelo (cm)	Suelo aptitud agrícola	Suelo salino sin napa	Suelo salino con napa
	CE	CE	CE
0-20	1,7-2,1	3,9-4,6	17,0-18,6
20-40	2,3-3,0	4,8-5,9	18,6-20,4
40-60	3,1-3,8	6,0-7,0	20,5-22,0
	pH	pH	pH
0-20	7,3	7,9	8,6
20-40	7,6	8,3	8,8
40-60	7,8	8,5	8,9

La implantación de los mismos se efectuó en pozos de 40 cm de ancho x 40 cm de largo x 60 cm de profundidad, al final del periodo de lluvias (marzo-abril), evitando los meses de más altas temperaturas. El distanciamiento fue de 5 m entre filas y 3 m entre plantas, totalizando una densidad de 660 plantines/ha. La plantación se realizó 10 cm por debajo del nivel del suelo para facilitar la acumulación de agua de riego/lluvia. Se efectuó riego al momento de la implantación y una vez al mes, durante toda la temporada de crecimiento correspondiente al primer año (hasta mayo del año siguiente). En ese momento se procedió a la poda de formación, con ramificación de diámetro menor a 2 cm, para dejar un único fuste hasta los 2,5 m de altura.

Se instalaron parcelas de 50 x 9 m (4 por cada una de las 3 condiciones de suelo especificadas en los objetivos), determinándose el porcentaje de sobrevivencia de plántulas mediante el conteo de los ejemplares vivos durante los 3 primeros años del estudio.

Los datos se analizaron con análisis de varianza para un diseño completamente aleatorizado y las diferencias significativas se evaluaron mediante prueba de Tukey ($\alpha < 0,05$), empleándose el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

Resultados y discusión

Los resultados se presentan en las Tablas 4 y 5; en ellas se observa una elevada sobrevivencia de plantines en suelos de aptitud agrícola y salinos sin napa.

Tabla 4. Sobrevivencia de plantines de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) durante los tres años del ensayo, bajo distintas condiciones de suelo del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

Tipos de suelo	Sobrevivencia de plantines (%)			
	Implantación	1° año	2° año	3° año
Suelos de aptitud agrícola	96	98* a	100* a	100* a
Suelos salinos sin napa	95	98* a	100* a	100* a
Suelos salinos-sódicos con napa	95	55* b	30* b	12* b

*Porcentajes respecto del año anterior. Letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

Tabla 5. Densidad de plantines de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) durante los tres años del ensayo, bajo distintas condiciones de suelo del Departamento Río Hondo, Santiago del Estero, Argentina.

Tipos de suelo	Densidad de plantines (n° de plantas/ha)			
	Implantación	1° año	2° año	3° año
Suelos de aptitud agrícola	633	620 a	620 a	620 a
Suelos salinos sin napa	627	614 a	614 a	614 a
Suelos salinos-sódicos con napa	627	345 b	104 b	13 b

Letras distintas por columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

El desempeño de los plantines estuvo fuertemente influenciado por la presencia/ausencia de la napa freática salina. Tanto en los suelos de aptitud agrícola como en los salinos sin napa, los algarrobos tuvieron un adecuado desarrollo y una muy escasa pérdida inicial de plantas, estabilizándose luego la densidad a lo largo de los 3 años de la investigación (Tabla 5).

En los suelos salino-sódicos con saturación del perfil por aporte de la napa freática y el agua de lluvia con drenaje impedido/difícil, aparecieron condiciones de hipoxia (déficit de oxígeno) en la zona radical y gran parte de las plantas fueron afectadas severamente, sobreviviendo al tercer

año sólo el 2 % de la densidad inicial implantada (660 plantines/ha) (Tabla 5).

Pece *et al.* (2012) indican que el mayor número de emergencia de plántulas de *P. alba* se da a niveles bajos de salinidad (hasta los 4 dS/m), pero respecto de la afirmación de los citados autores acerca de que esta especie puede emerger y sobrevivir en suelos de hasta 30 dS/m, informamos que en nuestro caso la sobrevivencia de plantines se ve severamente afectada a partir de valores de salinidad/sodicidad superiores a 17 dS/m.

Prosopis alba, en condiciones de suelos salinos sin napa, muestra buen comportamiento de supervivencia en los 3 primeros años de vida, lo que la lleva a ser considerada una especie adecuada para la recuperación de suelos salinos, en concordancia con lo establecido por Senilliani *et al.* (2005), pero con severas limitaciones en suelos con napa freática salino-sódica.

En relación con las características de los suelos evaluados en este trabajo, se determina que en suelos de aptitud agrícola y suelos salinos sin napa freática, no existen diferencias significativas en las tasas de sobrevivencia de plantines de *P. alba*, hasta niveles de 7 dS/m. Se establece en este punto una diferencia con lo reportado por Navall y Senilliani (2004), quienes indican un mejor comportamiento de las plantas en niveles salinos cercanos a los 15 dS/m; esto tal vez debido a que en nuestra experiencia se realizó un buen control de malezas en el entorno de los renovales, factor éste que se indica en el caso de los autores antes citados como la razón para una menor tasa de crecimiento de los plantines de *P. alba* a bajos niveles de salinidad.

El buen comportamiento de sobrevivencia de plantines de *P. alba* en suelos de aptitud agrícola y salinos sin napa con predominio de textura arenosa, concuerda en parte (no coincidiendo exactamente las etapas de crecimiento) con lo citado por Villagra y Cavagnaro (2005) cuando determinan que el porcentaje de germinación y emergencia de plántulas de esta especie es significativamente superior en suelos arenosos que arcillosos.

Conclusiones

La sobrevivencia de plantines de *Prosopis alba* en suelos con valores de salinidad/sodicidad superiores a 17 dS/m se ve significativamente reducida a partir del primer año de vida.

En condiciones edáficas de suelos de aptitud agrícola y salinos sin napa no se encuentra reduc-

ción significativa de plantines durante todo el período de estudio.

Referencias bibliográficas

- Ayerza R., Díaz R., Karlin, U.O. (1986). Manejo de *Prosopis* arbóreos en sistemas de producción ganaderos en el Chaco Seco Argentino. IIª Reunión Internacional de *Prosopis*, 25-29 agosto, Recife, Brasil. Pp. 1-24.
- Bianchi A.R., Yáñez C. (1992). Las precipitaciones en el Noroeste Argentino, 2ª ed., INTA EEA Salta, Salta, Argentina.
- Burkart A. (1976). A monograph of the genus *Prosopis*. Journal of the Arnold Arboretum 57 (3-4): 219-249, 450-525.
- Bush J.K., Van Auken O.W. (1991). Importance of time of germination and soil depth on growth of *Prosopis glandulosa* (*Leguminosae*) seedlings in the presence of a C4 grass. American Journal of Botany 78 (12): 1732-1739.
- Cheeseman J.M. (1988). Mechanisms of salinity tolerance in plants. Plant Physiology 87: 547-550.
- FAO (1976). Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de Suelos 32: 1-66.
- Dhir R.P. (1994). Strategy to combat desertification and wind erosion. Indian Journal of Soil Conservation 22: 125-133.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., González L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). Infostat Software Estadístico (Manual del Usuario, versión 2008), 1ª ed., Editorial Brujas, Grupo Infostat de la FCA - Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Fagg C., Stewart J.L. (1994). The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semiarid environments. Journal of Arid Environment 27: 3-25.
- Galera F.M., Bruno S. (1993). Avances en el conocimiento de la bioecología de cuatro especies del género *Prosopis* de interés forrajero del noroeste de la Prov. de Córdoba. XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (Grupo Chaco), 31 marzo-2 abril, Santiago del Estero, Argentina. Pp. 68-76.
- Hunziker J.H. (1986). Hybridization and genetic variation of Argentine species of *Prosopis*. Forest Ecology Management 16: 301-315.
- Karlin U.O. (1988). Argentina: diversidad de especies y ambientes. En: *Prosopis* en Argentina, 1ª ed. FAO y Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N. de Córdoba (Eds.), U.N.C., Córdoba, Argentina. Pp. 1-14.
- Le Houerou H.N. (1996). Drought-tolerant and water-efficient trees and shrubs for rehabilitation of tropical and subtropical arid lands of Africa and Asia. Land Husbandry 1: 43-64.
- Maddaloni J. (1986). Forage production on saline and alkaline soils in the humid region of Argentina. Reclamation and Revegetation Research 5: 11-16.
- Martín G.O.(h), Nicosia M.G., Lagomarsino E.D. (1993). Rol forrajero y ecológico de leñosas nativas del NOA. XIV Reunión del Grupo Técnico Regional del Cono Sur en Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Área Tropical y Subtropical (Grupo Chaco), 31 marzo-2 abril, Santiago del Estero, Argentina. Pp. 93-98.
- Martín G.O.(h), Raya F., Lucas J., Fernández D., Ortega E., Colombo M.B., Lagomarsino E.D., Toll Vera J.R., Nicosia M.G., Varela O., De Marco N. (2003). Diversidad y cobertura de la vegetación halófila de la Llanura Deprimida Salina Semiárida del Dpto. Leales, Tucumán, Argentina. III Reunión de Producción Vegetal y I de Producción Animal del NOA, 4-5 agosto, Tucumán, Argentina. CD Sección 02 (Nº 4): 1-9.
- Martínez Beltrán J., Manzur C.L. (2005). Overview of salinity problems in the world and FAO strategies to address the problem. Proceedings of the International Salinity Forum 1: 311-313.
- Meloni D., Gulotta M., Martínez C., Oliva M. (2004). The effects of salt stress on growth, nitrate reduction and proline and glycinebetaine accumulation in *Prosopis alba*. Brazilian Journal of Plant Physiology 16: 32-40.
- Minetti J.L. (1997). Ocho décadas de precipitaciones promedio en la Provincia de Santiago del Estero (1911-1990). INTA y Fundación Carl C.; Z. CALDENIUS-NOAA.
- Navall M., Senilliani M.G. (2004). Crecimiento y calidad maderera de plantaciones de *Prosopis alba* Griseb. (algarrobo blanco) en el área de riego del Río Dulce, Santiago del Estero. XIX Jornadas Forestales de Entre Ríos, 28-29 octubre, Entre Ríos, Argentina. Vol. I, pp. 4.
- Pece M.G., Acosta M., Saavedra S., Bruno C. (2012). Aplicación de la regresión logística en un estudio de emergencia de plántulas de algarrobo blanco (*Prosopis alba* Griseb.) en vivero, bajo diferentes concentraciones salinas. Quebracho 20 (1-2): 78-84.
- Senilliani M.G., Brassiolo M., Pranzoni O. (2005). Evaluación de un rodal implantado de *Prosopis alba* Griseb. en terreno con incidencia de salinidad. SAGPyA Forestal 36: 7.
- Solbrig O.T., Cantino P.D. (1975). Reproductive adaptations in *Prosopis* (*Leguminosae*, *Mimosoideae*). Journal of the Arnold Arboretum 56: 185-210.
- Solbrig O.T., Barbour M.A., Cross J., Goldstein G., Lowe C.H., Morello J., Yang T.W. (1977). The strategies and community patterns of desert plants. En: Convergent Evolution in Warm Deserts, 1º ed.. Orians G.H. y Solbrig O.T. (Eds.), US/IBP, Michigan. Pp. 67-106.
- Torres Bruchmann E. (1981). Climatología General y Agrícola de la Provincia de Santiago del Estero. Pu-

- blicación Especial 1301 de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán: 1-199.
- Villagra P.E. (1995). Temperature effects on germination of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* (*Fabaceae*, *Mimosoideae*). *Seed Science and Technology* 23: 639-646.
- Villagra P.E. (2000). Aspectos ecológicos de los algarrobales argentinos. *Multequina* 9 (2): 35-51.
- Villagra P.E., Cavagnaro J.B. (2005). Effects of salinity-soil type interactions on the establishment, growth and water relations of *Prosopis argentina* and *Prosopis alpataco* seedlings. Implications for their ecological success. *Austral Ecology* 30: 325-335.
- Zuccardi R.B., Fadda G. (1985). Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. Miscelánea 86 de la Facultad de Agronomía y Zootecnia, Universidad Nacional de Tucumán.